

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

09.06.2004

Rec'd PCT/PTO

27 JAN 2005

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日  
Date of Application: 2003年 6月10日

出願番号  
Application Number: 特願2003-165497  
[ST. 10/C]: [JP 2003-165497]

出願人  
Applicant(s): 日本電信電話株式会社

REC'D 29 JUL 2004

WIPO

PCT

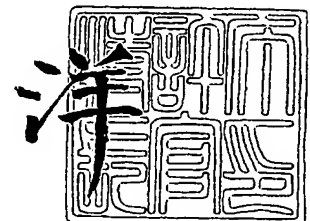
PRIORITY DOCUMENT  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

CERTIFIED COPY OF  
PRIORITY DOCUMENT

2004年 7月14日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

小川



BEST AVAILABLE COPY

出証番号 出証特 2004-3061013

【書類名】 特許願

【整理番号】 NTTH155439

【提出日】 平成15年 6月10日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G02B 27/26  
H04B 1/00

【発明の名称】 電気光学素子

【請求項の数】 5

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目 3 番 1 号 日本電信電話株式会社内

【氏名】 佐々木 愛一郎

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目 3 番 1 号 日本電信電話株式会社内

【氏名】 品川 満

【特許出願人】

【識別番号】 000004226

【氏名又は名称】 日本電信電話株式会社

【代理人】

【識別番号】 100083806

【弁理士】

【氏名又は名称】 三好 秀和

【電話番号】 03-3504-3075

【選任した代理人】

【識別番号】 100068342

【弁理士】

【氏名又は名称】 三好 保男

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 001982

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9701396

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 電気光学素子

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 結合電界により複屈折率が変化する電気光学結晶と、この電気光学結晶に対して電界を結合させるために該電気光学結晶を挟んで配設される一対の電極とを有し、この一対の電極を介して電界を結合されることにより、その電界強度に応じて一対の電極間に入射される光の偏光を変化させる電気光学素子であって、

各々の底面間の距離が所定の距離以下になるべく各々の底面が互いに近接するように前記電気光学結晶の対向する一対の側面に形成される溝を有し、

前記一対の電極は、前記溝をほぼ完全に埋めるように溝内に形成されることを特徴とする電気光学素子。

【請求項 2】 結合電界により複屈折率が変化する電気光学結晶と、この電気光学結晶に対して電界を結合させるために該電気光学結晶を挟んで配設される一対の電極とを有し、この一対の電極を介して電界を結合されることにより、その電界強度に応じて一対の電極間に入射される光の偏光を変化させる電気光学素子であって、

各々の底面間の距離が所定の距離以下になるべく各々の底面が互いに近接するように前記電気光学結晶の対向する一対の側面にそれぞれ形成される溝を有し、

前記一対の電極は、前記各溝の底面の各々に溝の深さよりも薄い所定の厚さ以下で全面的に形成され、

前記一対の電極の上に残されているそれぞれの溝を埋めるように誘電体が形成される

ことを特徴とする電気光学素子。

【請求項 3】 結合電界により複屈折率が変化する電気光学結晶と、この電気光学結晶に対して電界を結合させるために該電気光学結晶を挟んで配設される一対の電極とを有し、この一対の電極を介して電界を結合されることにより、その電界強度に応じて一対の電極間に入射される光の偏光を変化させる電気光学素子であって、

各々の底面間の距離が所定の距離以下になるべく各々の底面が互いに近接するように前記電気光学結晶の対向する一对の側面にそれぞれ形成される凹部を有し、

前記一对の電極は、前記各凹部の底面の各々に凹部の深さよりも薄い所定の厚さで全面的に形成され、

前記一对の電極の上に残されているそれぞれの凹部を埋めるように誘電体が形成される

ことを特徴とする電気光学素子。

【請求項 4】 前記凹部は、矩形であり、周囲が電気光学結晶で囲まれていることを特徴とする請求項 3 記載の電気光学素子。

【請求項 5】 結合電界により複屈折率が変化する電気光学結晶と、この電気光学結晶に対して電界を結合させるために該電気光学結晶を挟んで配設される一对の電極とを有し、この一对の電極を介して電界を結合されることにより、その電界強度に応じて一对の電極間に入射される光の偏光を変化させる電気光学素子であって、

前記電気光学結晶の一側面に所定の幅以下で突出して形成されたリッジ状の隆起部を有し、

前記一对の電極は、前記隆起部の幅方向で対向する一对の側面に形成されることを特徴とする電気光学素子。

#### 【発明の詳細な説明】

#### 【0001】

#### 【発明の属する技術分野】

本発明は、電気光学 (Electro-Optic: EO) 結晶を用いた電気光学変調器や電界センサなどに使用され、電気光学結晶と電極からなる電気光学素子に関し、更に詳しくは、結合電界により複屈折率が変化する電気光学結晶および該電気光学結晶に対して電界を結合させるために電気光学結晶を挟んで配設される一对の電極を有し、この一对の電極を介して電界を結合されることにより、その電界強度に応じて一对の電極間に入射される光の偏光を変化させる電気光学素子に関する。

## 【0002】

## 【従来の技術】

電気光学変調器や電界センサなどに使用される電気光学結晶からなる電気光学素子は、図11(a)に示すような原材料の電気光学結晶101を薄く加工して、同図(b)に示すような薄い電気光学結晶101aを形成し、この薄く加工された電気光学結晶101aの対向する一对の側面に一对の電極103a、103bを形成して構成される。なお、このような薄く加工した場合の電気光学結晶101aの厚さdは、約0.1mm程度である。

## 【0003】

このように構成される電気光学素子を使用する電気光学変調器や電界センサなどにおいては、同図(c)に示すように、一对の電極103a、103b間の電気光学結晶101aに対して例えばレーザ光からなるスポットビーム105を入射するとともに、一对の電極103a、103b間に電界を印加すると、その電界強度に応じてスポットビーム105の偏光が変化することから、この偏光変化を図示しない光学系で検出するものである。

## 【0004】

このような電気光学素子を使用する電気光学変調器の変調効率や電界センサの感度などを向上させるためには、電気光学結晶を挟んで形成される一对の電極間の距離を極力短くすることが効果的である。

## 【0005】

## 【特許文献1】

特願2001-295139号公報

## 【0006】

## 【特許文献2】

特願2001-295121号公報

## 【0007】

## 【発明が解決しようとする課題】

電気光学素子を使用する電気光学変調器の変調効率や電界センサの感度などを向上させるべく電気光学結晶を挟んで形成される一对の電極間の距離を極力短く

するために、電気光学結晶を薄く加工することが必要であるが、電気光学結晶を薄く加工することは極めて困難であるとともに、電気光学結晶が壊れ易くなるという問題がある。

#### 【0008】

また、電気光学結晶の光が入射する端面には無反射コーティングを施すことが望ましいが、電気光学結晶を薄くすると、無反射コーティングを施すことが困難になるという問題がある。

#### 【0009】

本発明は、上記に鑑みてなされたもので、その目的とするところは、電気光学結晶の光が透過する部分のみを薄く加工し、この部分に一对の電極を形成することにより変調効率や感度を向上し得る電気光学素子を提供することにある。

#### 【0010】

##### 【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するため、請求項1記載の本発明は、結合電界により複屈折率に変化する電気光学結晶と、この電気光学結晶に対して電界を結合させるために該電気光学結晶を挟んで配設される一对の電極とを有し、この一对の電極を介して電界を結合されることにより、その電界強度に応じて一对の電極間に入射される光の偏光を変化させる電気光学素子であって、各々の底面間の距離が所定の距離以下になるべく各々の底面が互いに近接するように前記電気光学結晶の対向する一对の側面に形成される溝を有し、前記一对の電極が、前記溝をほぼ完全に埋めるように溝内に形成されることを要旨とする。

#### 【0011】

請求項1記載の本発明にあつては、電気光学結晶の対向する一对の側面に溝を形成し、一对の電極が溝をほぼ完全に埋めるように各溝内に形成されるため、電極間の薄い結晶部分から壊れ易いということがないとともに、電極間を極めて薄く加工することも困難なことではなく、更に電極間の薄い結晶部分の端面のみでなく、この部分以外の電気光学結晶の端面などを含む電気光学素子全体の端面として無反射コーティングを施すことにより、無反射コーティングを極めて容易かつ確実に行うことが可能である。

## 【0012】

また、請求項2記載の本発明は、結合電界により複屈折率が変化する電気光学結晶と、この電気光学結晶に対して電界を結合させるために該電気光学結晶を挟んで配設される一対の電極とを有し、この一対の電極を介して電界を結合されることにより、その電界強度に応じて一対の電極間に入射される光の偏光を変化させる電気光学素子であって、各々の底面間の距離が所定の距離以下になるべく各々の底面が互いに近接するように前記電気光学結晶の対向する一対の側面にそれぞれ形成される溝を有し、前記一対の電極は、前記各溝の底面の各々に溝の深さよりも薄い所定の厚さ以下で全面的に形成され、前記一対の電極の上に残されているそれぞれの溝を埋めるように誘電体が形成されることを要旨とする。

## 【0013】

請求項2記載の本発明にあつては、電気光学結晶の対向する一対の側面に溝を形成し、一対の電極を各溝の底面に所定の厚さ以下で全面的に形成し、この一対の電極の上に残されているそれぞれの溝を誘電体で埋めているため、電極間の薄い結晶部分から壊れ易いということがないとともに、電極間を極めて薄く加工することも困難なことではなく、更に電極間の薄い結晶部分の端面のみでなく、この部分以外の電気光学結晶の端面、誘電体の端面などを含む電気光学素子全体の端面として無反射コーティングを施すことにより、無反射コーティングを極めて容易かつ確実に行うことが可能である。

## 【0014】

更に、請求項3記載の本発明は、結合電界により複屈折率が変化する電気光学結晶と、この電気光学結晶に対して電界を結合させるために該電気光学結晶を挟んで配設される一対の電極とを有し、この一対の電極を介して電界を結合されることにより、その電界強度に応じて一対の電極間に入射される光の偏光を変化させる電気光学素子であって、各々の底面間の距離が所定の距離以下になるべく各々の底面が互いに近接するように前記電気光学結晶の対向する一対の側面にそれぞれ形成される凹部を有し、前記一対の電極は、前記各凹部の底面の各々に凹部の深さよりも薄い所定の厚さで全面的に形成され、前記一対の電極の上に残されているそれぞれの凹部を埋めるように誘電体が形成されることを要旨とする。



## 【0015】

請求項3記載の本発明にあつては、電気光学結晶の対向する一対の側面に凹部を形成し、一対の電極を各凹部の底面に所定の厚さ以下で全面的に形成し、この一対の電極の上に残されているそれぞれの凹部を誘電体で埋めているため、電極間の薄い結晶部分から壊れ易いということがないとともに、電極間を極めて薄く加工することも困難なことではなく、更に電極間の薄い結晶部分の端面に無反射コーティングを施すのでなく、電気光学結晶全体の端面に無反射コーティングを施すことにより、無反射コーティングを極めて容易かつ確実に行うことが可能である。

## 【0016】

請求項4記載の本発明は、請求項3記載の発明において、前記凹部が、矩形であり、周囲が電気光学結晶で囲まれていることを要旨とする。

## 【0017】

請求項4記載の本発明にあつては、電気光学結晶の側面に形成される凹部は矩形であつて、周囲が電気光学結晶で囲まれているため、電極間の結晶部分を薄く形成しても、壊れ難い。

## 【0018】

また、請求項5記載の本発明は、結合電界により複屈折率が変化する電気光学結晶と、この電気光学結晶に対して電界を結合させるために該電気光学結晶を挟んで配設される一対の電極とを有し、この一対の電極を介して電界を結合されることにより、その電界強度に応じて一対の電極間に入射される光の偏光を変化させる電気光学素子であつて、前記電気光学結晶の一側面に所定の幅以下で突出して形成されたリッジ状の隆起部を有し、前記一対の電極は、前記隆起部の幅方向で対向する一対の側面に形成されることを要旨とする。

## 【0019】

請求項5記載の本発明にあつては、電気光学結晶の一側面に所定の幅以下のリッジ状の隆起部を形成し、一対の電極を隆起部の幅方向で対向する一対の側面に形成するため、電極間の薄い結晶部分が壊れ易いということがないとともに、隆起部からなる電極間の距離を極めて薄く、例えば0.1mm以下に加工すること

も困難なことではなく、更に入射面を無反射コーティングすることも、電極間の薄い結晶部分の端面のみでなく、この部分の下側に一体的に形成されている電気光学結晶の端面を含む電気光学素子全体の端面に対して全体的に無反射コーティングを施すことにより、無反射コーティングを極めて容易かつ確実に行うことが可能である。

#### 【0020】

##### 【発明の実施の形態】

以下、図面を用いて本発明の実施の形態を説明する。図1(a)、(b)は、本発明の一実施形態に係わる電気光学素子をそれぞれ示す部分透視斜視図および断面図である。

#### 【0021】

図1に示す実施形態の電気光学素子は、原材料の電気光学結晶1の対向する一対の端面1a、1b(図では上下方向の側面)から例えば切削や研磨などにより掘り下げるようにして、この一対の側面1a、1bに2個の溝3a、3bを形成し、この2個の溝3a、3b内をほぼ完全に埋めるように両溝3a、3b内に金属からなる厚めの一対の電極5a、5bを形成して電気光学素子として一体的に構成している。なお、各溝3a、3bは、電気光学結晶1の両側面1a、1b上を完全に通り抜けるように形成されている。

#### 【0022】

なお、一対の電極5a、5b間の距離dは、所定の距離以下に極力短くなるように2個の溝3a、3bの底部が互いに近接するように電気光学結晶1の両側面1a、1bを切削や研磨などで掘り下げるなどして形成されている。このように形成される電気光学素子の寸法は、例えば電極5a、5b間の距離dが0.1mm以下、長さLが約2cm、縦および横方向の寸法tおよびxがそれぞれ約1cm以下である。

#### 【0023】

このように構成される電気光学素子では、一対の電極5a、5b間の距離dを極めて薄く形成したとしても、電極5a、5bは全体として電気光学結晶1に形成された溝3a、3bをほぼ完全に埋めるように形成されるとともに、電極

5 a、5 b間の薄い部分は電極 5 a、5 bと電気光学結晶 1とで全体的に覆われるように形成されているため、電気光学結晶 1が薄い電極 5 a、5 b部分から壊れ易いということがないとともに、電極 5 a、5 b間の薄い構造も原材料の電気光学結晶 1を両側面 1 a、1 bから切削や研磨などにより形成されるため、電極 5 a、5 b間を極めて薄く、例えば 0.1 mm以下に加工することも困難なことではない。

#### 【0024】

また、図 1 (b) に示すように、電極 5 a、5 b間の電気光学結晶 1の端面からスポットビーム 105が入射されるが、この入射面を無反射コーティングすることも、電極 5 a、5 b間の薄い結晶部分の端面のみでなく、この部分以外の電気光学結晶 1の端面、電極 5 a、5 bの端面などを含む矩形の電気光学素子全体の端面として無反射コーティングを施すことにより、無反射コーティングを極めて容易かつ確実に行うことが可能である。なお、このように構成される電気光学素子において、電極 5 a、5 bから印加される電界ベクトルは、電極 5 a、5 bに垂直な方向である。

#### 【0025】

次に、図 1 に示すように構成される電気光学素子の製造方法について図 7、図 8を参照して説明する。この電気光学素子は、例えば図 11 (a) に示すような矩形の原材料の電気光学結晶 1をまず図 7 (a)、図 8 (a) に示すように、その両側面 1 a、1 bから切削や研磨などにより掘り下げて、2 個の溝 3 a、3 bを形成する。

#### 【0026】

それから、図 7 (b)、図 8 (b) に示すように、溝 3 a、3 b内に符号 7 a、7 bで示すように銀ペーストなどの金属を薄く塗って、薄い電極 7 a、7 bを形成する。次に、電極 7 a、7 bに電圧を印加するためのリード線 53を接着する。

#### 【0027】

これにより電気光学素子は形成されるが、この例では、電極 7 a、7 bは薄い構造のものとなっているが、図 1 に示すような電気光学素子にして強度を増大す

るためには、図 8 (d) に示すように、銀ペーストからなる電極 7 a、7 b の上に更に銀ペーストを塗って、隙間を埋め、これにより図 1 に示すものと同じ厚さの電極 7 a、7 b を有する電気光学素子が完成する。

#### 【0028】

図 2 (a)、(b) は、本発明の他の実施形態に係わる電気光学素子をそれぞれ示す部分透視斜視図および断面図である。

#### 【0029】

図 2 に示す実施形態の電気光学素子は、図 1 に示した実施形態の電気光学素子において溝 3 a、3 b 内に全体的に形成される電極 5 a、5 b の代わりに溝 3 a、3 b 内の各底部に溝の深さよりも薄い所定の厚さ以下で全面的に薄い電極 7 a、7 b を形成し、この薄い電極 7 a、7 b の上に残されている溝 3 a、3 b を埋めるように誘電体 9 a、9 b を形成し、これにより電気光学素子全体として一体化するように構成しているものである。

#### 【0030】

このように構成される電気光学素子では、一对の電極 7 a、7 b 間の距離を極めて薄く形成したとしても、電極 7 a、7 b は誘電体 9 a、9 b とともに全体として電気光学結晶 1 に形成された溝 3 a、3 b をほぼ完全に埋めるように形成されているとともに、電極 7 a、7 b 間の薄い結晶部分は電極 7 a、7 b、誘電体 9 a、9 b、電気光学結晶 1 とで全体的に覆われるように形成されているため、電気光学結晶 1 が薄い電極 7 a、7 b 部分から壊れ易いということがないとともに、電極 7 a、7 b 間の溝 3 a、3 b 内の薄い結晶構造も原材料の電気光学結晶 1 を両側面 1 a、1 b から切削や研磨などで掘り下げるなどして形成されるため、電極 7 a、7 b 間を極めて薄く、例えば 0.1 mm 以下に加工することも困難なことではない。

#### 【0031】

また、図 2 (b) に示すように、電極 7 a、7 b 間の電気光学結晶 1 の端面からスポットビーム 105 が入射されるが、この入射面を無反射コーティングすることも、電極 7 a、7 b 間の薄い結晶部分の端面のみでなく、この部分以外の電気光学結晶 1 の端面、電極 7 a、7 b の端面、誘電体 9 a、9 b の端面などを含

む矩形の電気光学素子全体の端面として無反射コーティングを施すことにより、無反射コーティングを極めて容易かつ確実に行うことが可能である。なお、このように構成される電気光学素子において、電極 7 a、7 b から印加される電界ベクトルは、電極 5 a、5 b に垂直な方向である。

#### 【0032】

次に、図 2 に示すように構成される電気光学素子の製造方法について図 9 を参照して説明する。この電気光学素子は、例えば図 11 (a) に示すような矩形の原材料の電気光学結晶 1 をまず図 9 (a) に示すように、その両側面 1 a、1 b から切削や研磨などにより掘り下げて、2 個の溝 3 a、3 b を形成する。

#### 【0033】

それから、図 9 (b) に示すように、溝 3 a、3 b 内に銀ペーストなどの導電材を薄く塗って、電極 7 a、7 b を形成する。次に、図 9 (c) に示すように、電極 7 a、7 b に電圧を印加するためのリード線 5 3 を接着する。なお、ここまでの製造工程は図 7、8 で示したものと同一である。

#### 【0034】

次に、図 9 (d) に示すように、リード線 5 3 を接着された薄い電極 7 a、7 b 上の溝 3 a、3 b 内を誘電体 9 a、9 b で隙間なく埋める。なお、このように隙間なく埋めるためには、誘電体 9 a、9 b として例えば接着材のようなものが適している。

#### 【0035】

図 3 (a)、(b) は、本発明の別の実施形態に係わる電気光学素子をそれぞれ示す部分透視斜視図および断面図である。

#### 【0036】

図 3 に示す実施形態の電気光学素子は、図 2 に示した実施形態の電気光学素子において一対の電極 7 a、7 b、この電極 7 a、7 b 間の薄い電気光学結晶、および誘電体 9 a、9 b からなるサンドウィッチ構造を電気光学結晶 1 を通り抜ける溝 3 a、3 b 内に形成する代わりに電気光学結晶 1 の対向する両側面 1 a、1 b からそれぞれ形成される 2 つの矩形の凹部 4 a、4 b 内に前記サンドウィッチ構造を埋め込むように形成されている点が異なるものであり、その他の構造およ

び作用は同じである。なお、各凹部 4 a、4 b は、電気光学結晶 1 の両側面 1 a、1 b 上を完全に通り抜けることなく、周囲が電気光学結晶 1 で囲まれるように両側面 1 a、1 b 内に形成されている。

#### 【0037】

このように構成される電気光学素子では、一对の電極 7 a、7 b 間の距離を極めて薄く形成したとしても、電極 7 a、7 b は誘電体 9 a、9 b とともに全体として電気光学結晶 1 に形成された凹部 4 a、4 b をほぼ完全に埋めるように形成されているとともに、電極 7 a、7 b 間の薄い結晶部分は電極 7 a、7 b、誘電体 9 a、9 b、電気光学結晶 1 とで全体的に覆われるように形成されているため、電気光学結晶 1 が薄い電極 7 a、7 b 部分から壊れ易いということがないとともに、電極 7 a、7 b 間の凹部 4 a、4 b 内の薄い結晶構造も原材料の電気光学結晶 1 を両側面 1 a、1 b から切削や研磨などで掘り下げるなどして形成されるため、電極 7 a、7 b 間の距離 d を極めて薄く、例えば 0.1 mm 以下に加工することも困難なことではない。

#### 【0038】

また、図 3 (b) に示すように、電極 7 a、7 b 間の電気光学結晶 1 の端面に対してその外側を全体的に覆っている電気光学結晶 1 の端面からスポットビーム 105 が入射されるが、この入射面を無反射コーティングすることも、電気光学結晶 1 の端面全体に対して無反射コーティングを施すことになるため、無反射コーティングを極めて容易かつ確実に行うことが可能である。なお、このように構成される電気光学素子において、電極 7 a、7 b から印加される電界ベクトルは、電極 5 a、5 b に垂直な方向である。

#### 【0039】

次に、図 3 に示すように構成される電気光学素子の製造方法について図 10 を参照して説明する。この製造方法は、図 9 で説明した図 2 の電気光学素子の製造方法とほぼ同じように、まず矩形の原材料の電気光学結晶をまず図 10 (a) に示すように、その両側面 1 a、1 b から切削や研磨などにより掘り下げて、2 個の溝状に形成された凹部 4 a、4 b を形成する。

#### 【0040】

それから、図10 (b) に示すように、溝凹部4 a、4 b内に銀ペーストなどの導電材を薄く塗って、電極7 a、7 bを形成する。次に、図10 (c) に示すように、電極7 a、7 bに電圧を印加するためのリード線5 3を接着する。

#### 【0041】

次に、図10 (d) に示すように、リード線5 3を接着された薄い電極7 a、7 b上の凹部4 a、4 b内を誘電体9 a、9 bで隙間なく埋める。なお、このように隙間なく埋めるためには、誘電体9 a、9 bとして例えば接着材のようなものが適している。上述したように、図3の電気光学素子は、溝が凹部であることを除いて、図2の電気光学素子と同じ製造方法で製造することができるが、電気光学結晶に形成される凹部4 a、4 bは、その各辺が直角である必要はなく、次に説明する図4 (b)、(c) のように傾斜したり、湾曲していてもよい。

#### 【0042】

図4 (a) は、図3に示した実施形態の電気光学素子の構造の、図3 (b) に対して直角方向から見た縦断面図である。同図に示すように、一对の電極7 a、7 b、誘電体9 a、9 bが埋め込まれている凹部4 a、4 bの底部のすべての隅部1 1は、ほぼ直角に形成されている。

#### 【0043】

これに対して、図4 (b) および図4 (c) は、図4 (a) と同様に、図3に示した実施形態の電気光学素子の構造の、図3 (b) に対して直角方向から見た縦断面図であるが、図4 (b) の場合は、凹部4 a、4 bの底部のすべての隅部は直角よりも大きな鈍角に傾斜して形成され、図4 (c) の場合は、凹部4 a、4 bの底部のすべての隅部は角張らずに丸く、湾曲して形成されている。

#### 【0044】

このとき、凹部を導電材のみでうめて電極とする構成としてもよい。

#### 【0045】

図5 (a) ～ (d) は、本発明の更に別の実施形態に係わる電気光学素子の製造工程を示す断面図である。

#### 【0046】

図5に示す実施形態の電気光学素子は、最終的には図5 (d) に示すように、

電気光学結晶 1 の上面に例えば 0.1 mm 以下のような所定の幅  $d$  以下で突出して形成されたリッジ状の隆起部 21 と、この隆起部 21 の幅方向で対向する一对の側面に形成される一对の電極 25a、25b とから構成される。

#### 【0047】

このような構造の電気光学素子を製造するには、まず図 5 (a) に示すような原材料の電気光学結晶 1 に対して、図 5 (b) に示すように、電気光学結晶 1 の上面を切削または研磨などして、例えば 0.1 mm 以下のような所定の幅  $d$  以下の隆起部 21 を形成するように電気光学結晶を加工する。

#### 【0048】

それから、図 5 (c) に示すように、隆起部 21 の形成されている電気光学結晶 1 の上面に対して隆起部 21 を含んで金属 23 を蒸着する。次に、図 5 (d) に示すように、隆起部 21 上に蒸着された金属 23 のみ研磨などで除去し、これにより隆起部 21 の両側面に残された金属で一对の電極 25a、25b を形成する。

#### 【0049】

このように構成される電気光学素子では、一对の電極 25a、25b 間の距離を極めて薄く形成したとしても、電極 25a、25b は全体として大きな電気光学結晶 1 上に隆起して形成されているため、電極 25a、25b 間の電気光学結晶が壊れ易いということがないとともに、電気光学結晶 1 の上面を加工および金属蒸着して形成しているため、隆起部 21 である電極 25a、25b 間の距離  $d$  を極めて薄く、例えば 0.1 mm 以下に加工することも困難なことではない。

#### 【0050】

また、図 5 (d) に示すように、電極 25a、25b 間の電気光学結晶 1 の端面からスポットビーム 105 が入射されるが、この入射面を無反射コーティングすることも、電極 25a、25b 間の薄い結晶部分の端面のみでなく、この部分の下側に一体的に形成されている電気光学結晶 1 の端面を含む電気光学素子全体の端面に対して全体的に無反射コーティングを施すことにより、無反射コーティングを極めて容易かつ確実に行うことが可能である。なお、このように構成される電気光学素子において、電極 25a、25b から印加される電界ベクトルは、



電極 25 a、25 b に垂直な方向である。

【0051】

なお、図 5 (d) に示すように、隆起部 21 上に蒸着された金属 23 のみを研磨などで除去し、隆起部 21 の両側面に残された金属で一对の電極 25 a、25 b を形成した場合に、隆起部 23 を挟んで対向する側面以外に電気光学結晶 1 の上面にも金属 23 が残り、この部分も電極として作用するが、この部分の電極間に発生する不要な電界は極めて少なく、大多数は隆起部 21 の対向する電極 25 a、25 b 間に発生する。

【0052】

しかしながら、上記金属の残った部分に形成される電極間に発生する僅かであるか不要な電界を除去するために、例えば図 6 に示すように、この部分の金属を除去すれば、このような不要な電界の発生を回避することができる。

【0053】

また、本実施例では両側面に溝を設けた場合について説明したが、一側の面だけでも良いのはいうまでもない。

【0054】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、電気光学結晶の対向する一对の側面に溝を形成し、一对の電極が溝をほぼ完全に埋めるように各溝内に形成されるので、電極間の薄い結晶部分から壊れ易いということがないとともに、電極間を極めて薄く加工することも困難なことではなく、更に電極間の薄い結晶部分の端面のみでなく、この部分以外の電気光学結晶の端面などを含む電気光学素子全体の端面として無反射コーティングを施すことにより、無反射コーティングを極めて容易かつ確実に行うことが可能である。

【0055】

また、本発明によれば、電気光学結晶の対向する一对の側面に溝を形成し、一对の電極を各溝の底面に所定の厚さ以下で全面的に形成し、この一对の電極の上に残されているそれぞれの溝を誘電体で埋めているため、電極間の薄い結晶部分から壊れ易いということがないとともに、電極間を極めて薄く加工することも困

難なことではなく、更に電極間の薄い結晶部分の端面のみでなく、この部分以外の電気光学結晶の端面、誘電体の端面などを含む電気光学素子全体の端面として無反射コーティングを施すことにより、無反射コーティングを極めて容易かつ確実に行うことが可能である。

#### 【0056】

更に、本発明によれば、電気光学結晶の対向する一对の側面に凹部を形成し、一对の電極を各凹部の底面に所定の厚さ以下で全面的に形成し、この一对の電極の上に残されているそれぞれの凹部を誘電体で埋めているので、電極間の薄い結晶部分から壊れ易いということがないとともに、電極間を極めて薄く加工することも困難なことではなく、更に電極間の薄い結晶部分の端面に無反射コーティングを施すのでなく、電気光学結晶全体の端面に無反射コーティングを施すことにより、無反射コーティングを極めて容易かつ確実に行うことが可能である。

#### 【0057】

本発明によれば、電気光学結晶の側面に形成される凹部は矩形であって、周囲が電気光学結晶で囲まれているので、電極間の結晶部分を薄く形成しても、壊れ難い。

#### 【0058】

また、本発明によれば、電気光学結晶の一側面に所定の幅以下のリッジ状の隆起部を形成し、一对の電極を隆起部の幅方向で対向する一对の側面に形成するので、電極間の薄い結晶部分が壊れ易いということがないとともに、隆起部からなる電極間の距離を極めて薄く、例えば0.1mm以下に加工することも困難なことではなく、更に入射面を無反射コーティングすることも、電極間の薄い結晶部分の端面のみでなく、この部分の下側に一体的に形成されている電気光学結晶の端面を含む電気光学素子全体の端面に対して全体的に無反射コーティングを施すことにより、無反射コーティングを極めて容易かつ確実に行うことが可能である。

#### 【図面の簡単な説明】

##### 【図1】

本発明の一実施形態に係わる電気光学素子を示す部分透視斜視図および断面図

である。

【図 2】

本発明の他の実施形態に係わる電気光学素子を示す部分透視斜視図および断面図である。

【図 3】

本発明の別の実施形態に係わる電気光学素子を示す部分透視斜視図および断面図である。

【図 4】

図 3 に示した実施形態の電気光学素子の構造の、図 3 (b) に対して直角方向から見た縦断面図および他の隅部の構造を示す縦断面図である。

【図 5】

本発明の更に別の実施形態に係わる電気光学素子の製造工程を示す断面図である。

【図 6】

図 5 に示す電気光学素子において電気光学結晶上に残った不要な金属からなる電極を除去した図である。

【図 7】

図 1 に示すように構成される電気光学素子とほぼ同じ電気光学素子の製造工程を示す図である。

【図 8】

図 1 に示すように構成される電気光学素子の製造工程を示す図である。

【図 9】

図 2 に示すように構成される電気光学素子の製造工程を示す図である。

【図 10】

図 3 に示すように構成される電気光学素子の製造工程を示す図である。

【図 11】

電気光学変調器に使用される電気光学結晶および該電気光学結晶からなる従来の電気光学素子を示す斜視図である。

【符号の説明】

1 電気光学結晶

3 a、3 b 溝

4 a、4 b 凹部

5 a、5 b、7 a、7 b 電極

9 a、9 b 誘電体

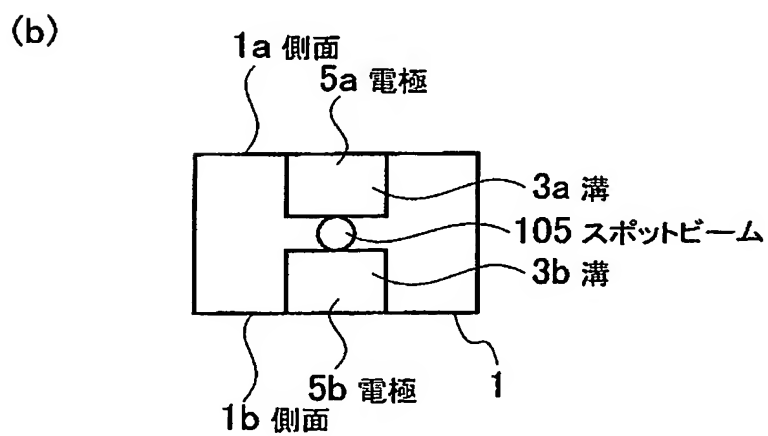
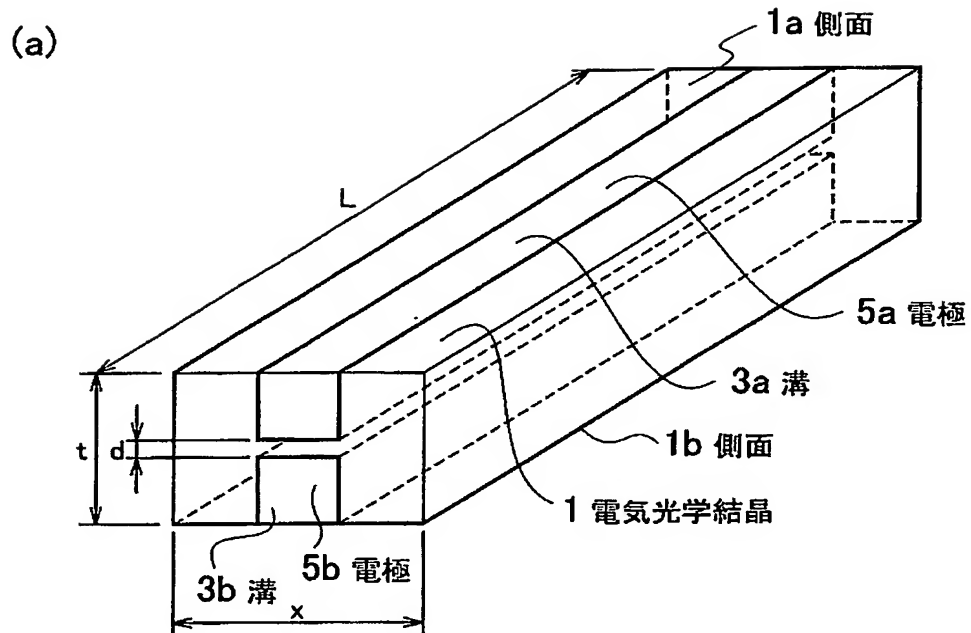
2 1 隆起部

2 5 a、2 5 b 電極

【書類名】

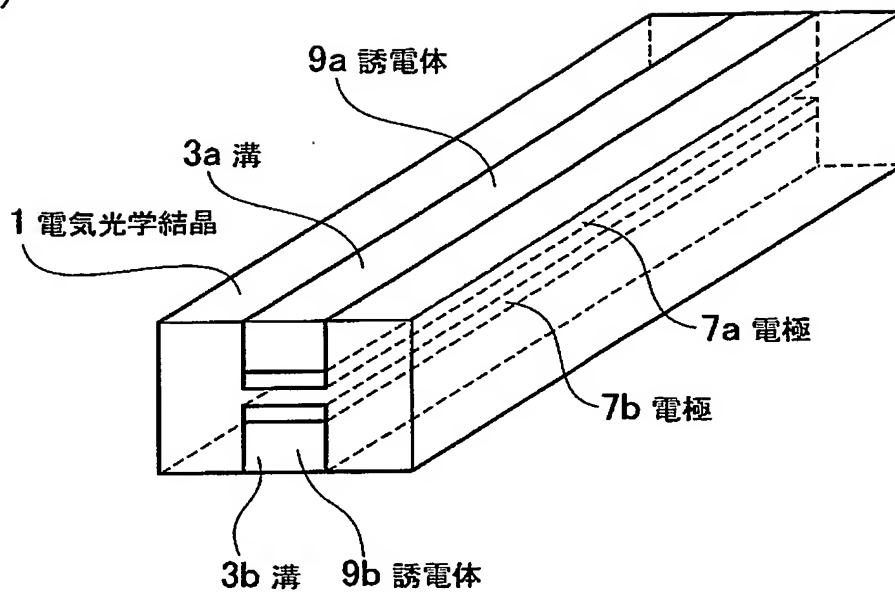
図面

【図 1】

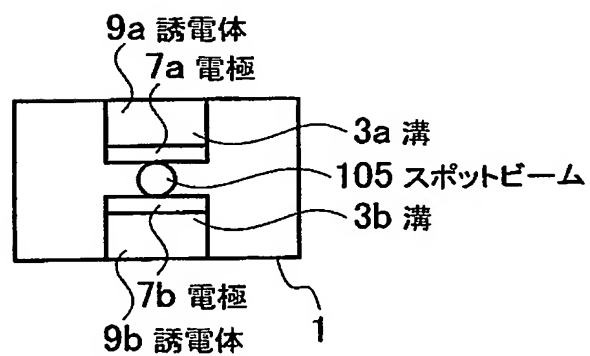


【図 2】

(a)

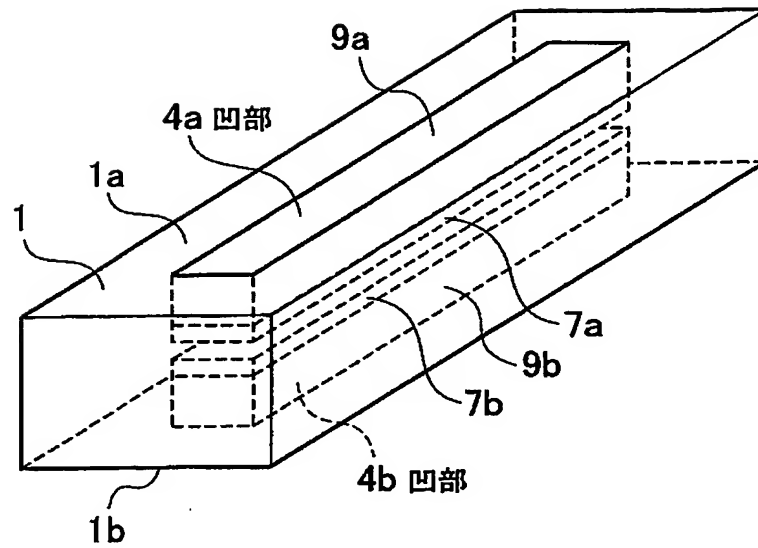


(b)

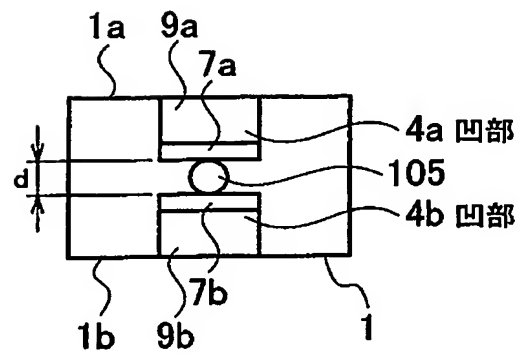


【図 3】

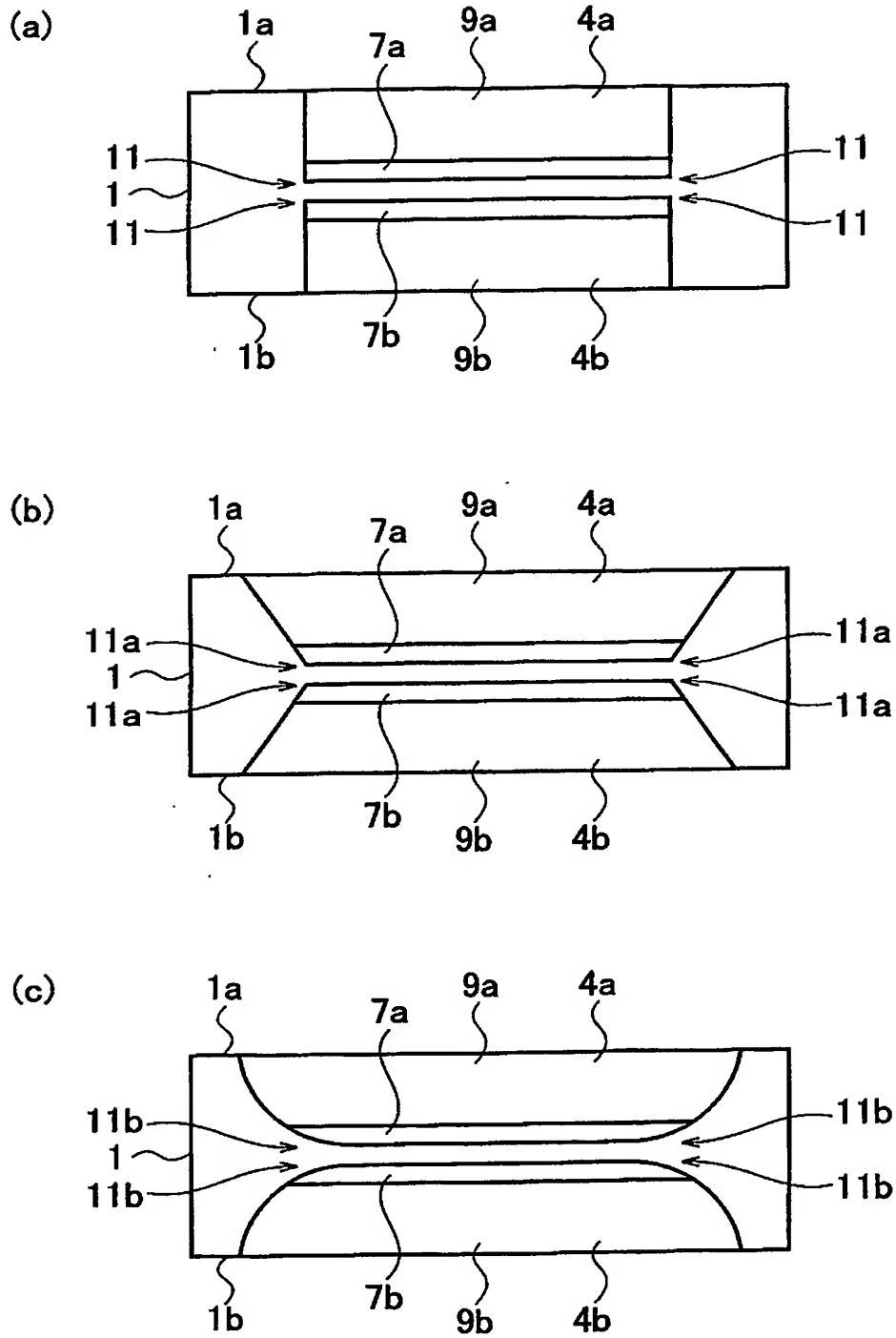
(a)



(b)

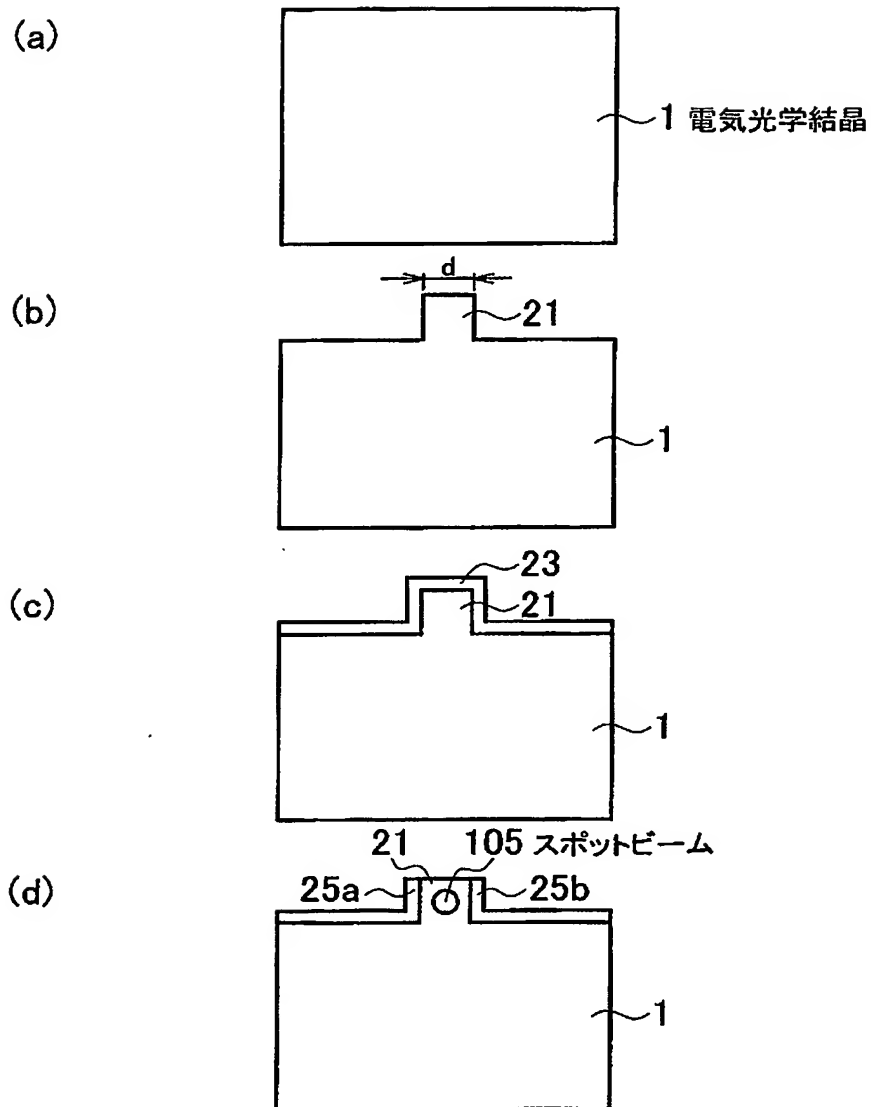


【図 4】

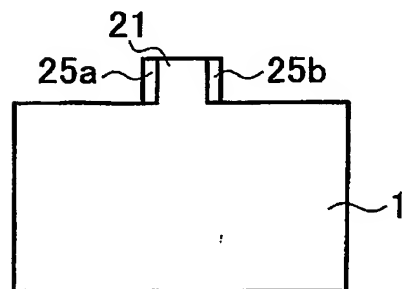




【図 5】

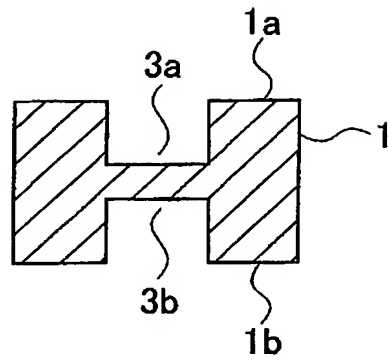


【図 6】

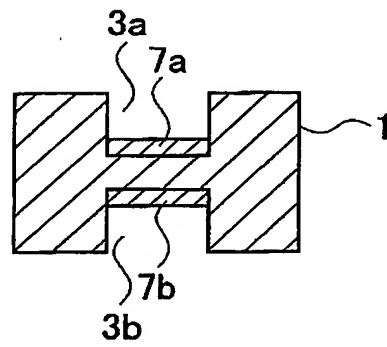


【図 7】

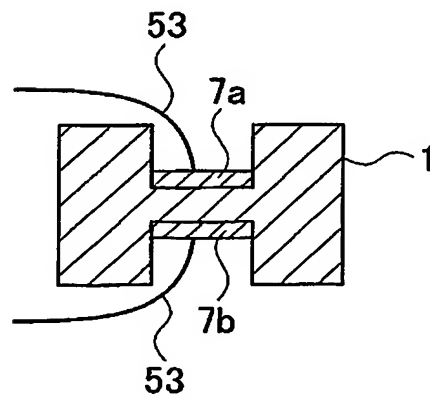
(a)



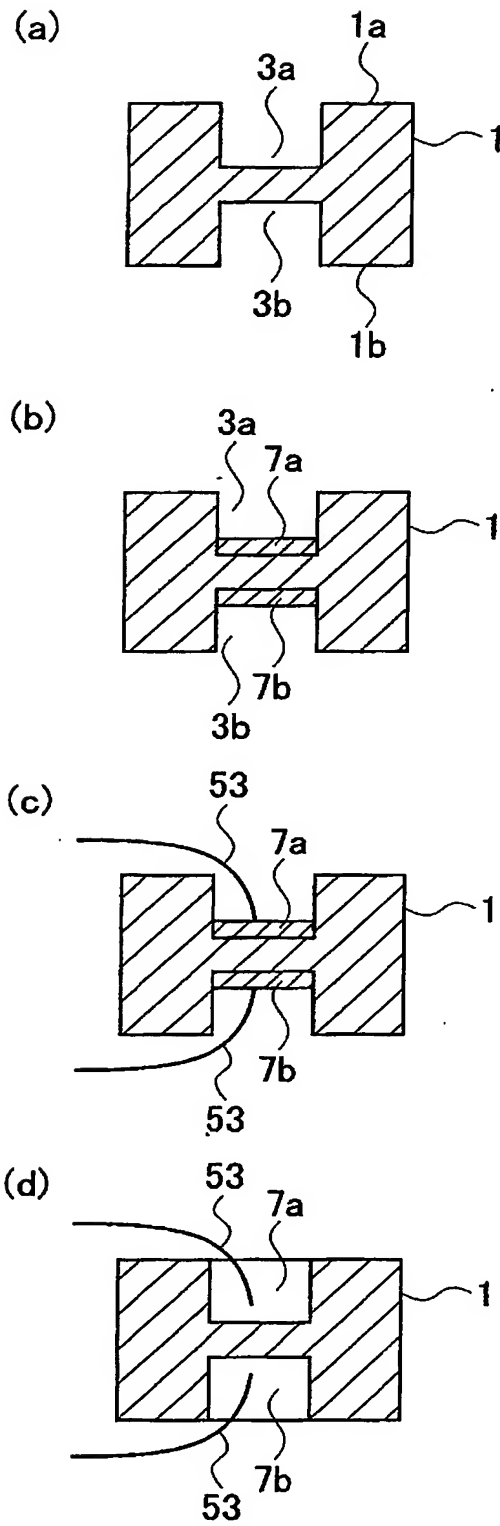
(b)



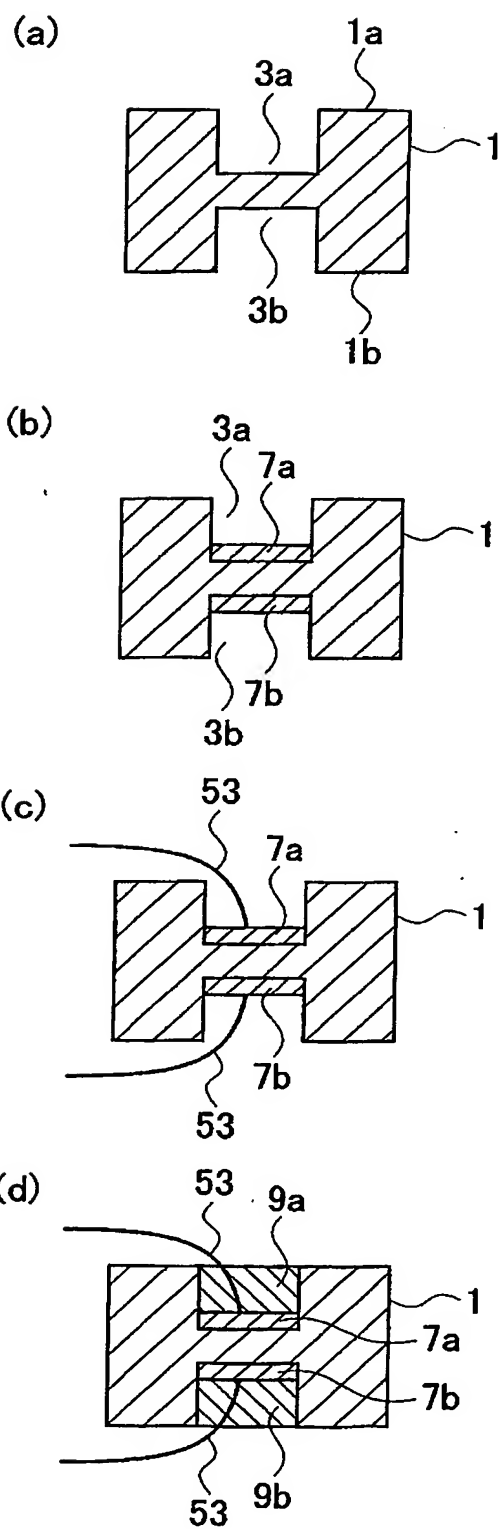
(c)



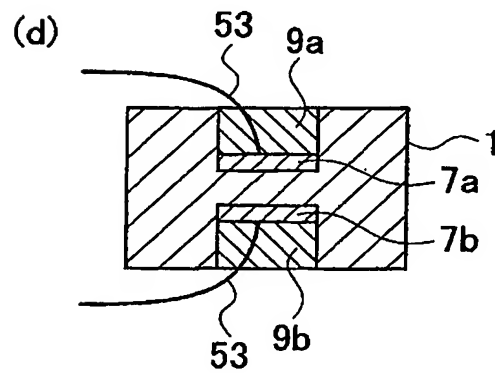
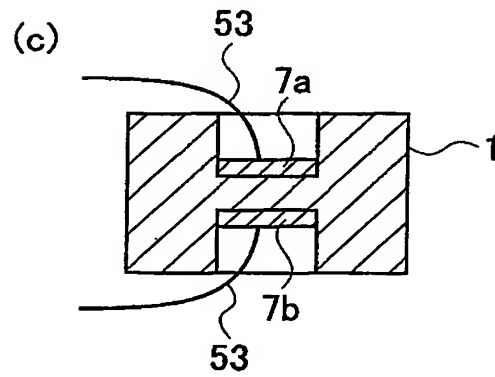
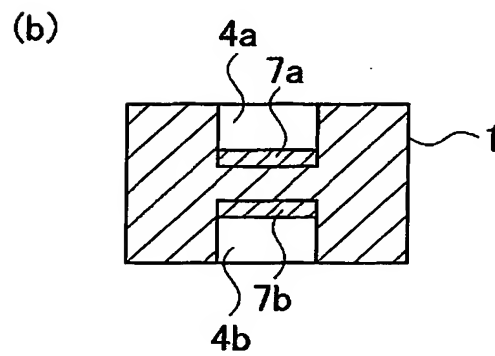
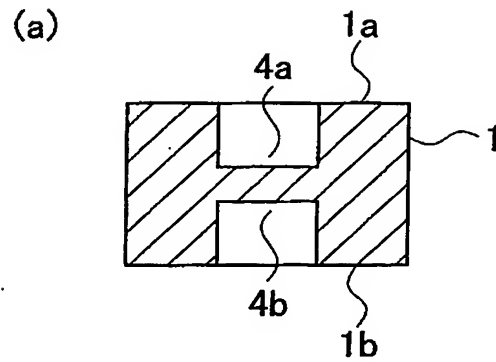
【図 8】



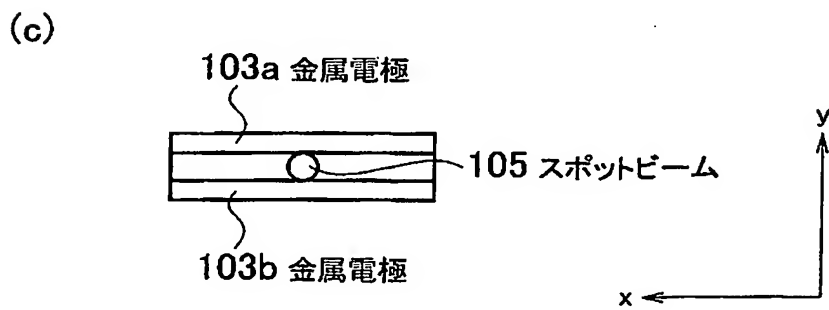
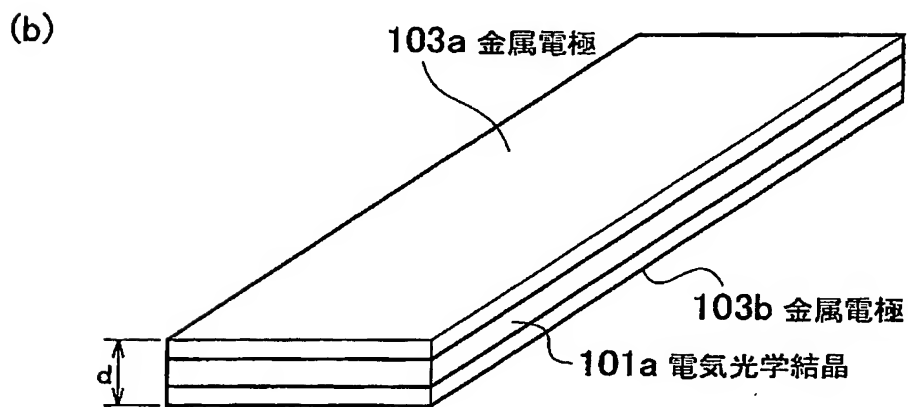
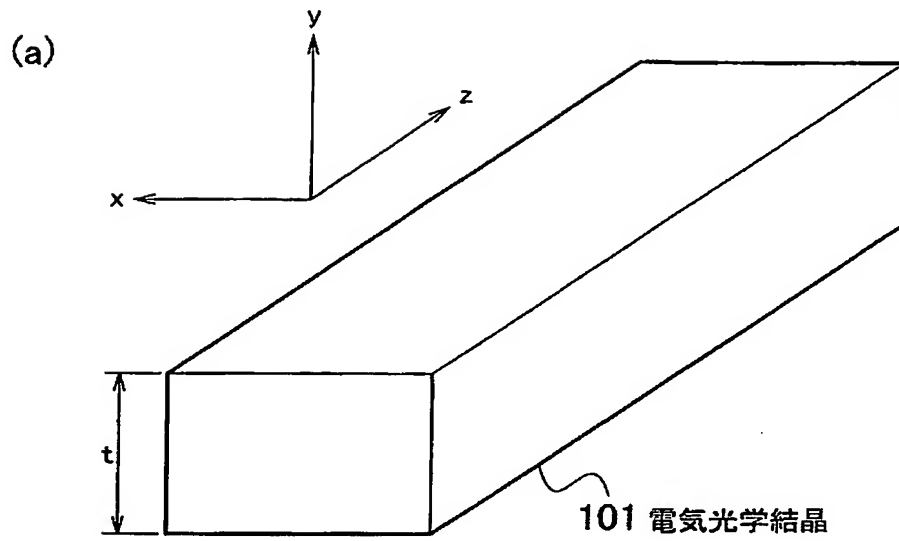
【図 9】



【図 10】



【図 11】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 電気光学結晶の光が透過する部分のみを薄く加工し、この部分に一对の電極を形成することにより電気光学変調器の変調効率を向上し得る電気光学素子を提供する。

【解決手段】 電気光学結晶 1 の対向する一对の側面 1 a、1 b に溝 3 a、3 b を各底面の距離が所定の距離以下になるべく各々の底面が互いに近接するように形成し、この溝 3 a、3 b をほぼ完全に埋めるように各溝内に一对の電極 5 a、5 b を形成する。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 0 0 4 2 2 6 ]

1. 変更年月日

1 9 9 9 年 7 月 1 5 日

[変更理由]

住所変更

住 所

東京都千代田区大手町二丁目 3 番 1 号

氏 名

日本電信電話株式会社